

**DISPOSITIF DE DETECTION COMPRENANT UN MIROIR PARABOLIQUE,  
ET UTILISATION D'UN TEL DISPOSITIF A BORD D'UN ENGIN DE SURVOL**

La présente invention concerne un dispositif de détection à miroir parabolique. Elle concerne en particulier un tel dispositif ayant un fonctionnement de type radar, notamment un fonctionnement du type radar à synthèse d'ouverture, ou SAR pour «Synthesized Aperture Radar».

5 Des dispositifs de détection à miroir parabolique sont couramment utilisés pour rechercher la présence d'objets particuliers dans une zone géographique déterminée. Les objets recherchés peuvent être, par exemple, des parties métalliques ou des sources de chaleur. Le dispositif de détection est alors embarqué à bord d'un avion ou d'un satellite qui survole la zone géographique concernée.

10 La zone géographique peut être parcourue selon un balayage correspondant au déplacement de l'engin de survol. Ce déplacement définit une bande dans la zone géographique, appelée fauchée, qui possède une largeur au sol, selon une direction perpendiculaire au déplacement de l'engin, 15 déterminée par les caractéristiques du dispositif de détection et par l'altitude de l'engin. La direction de déplacement de l'engin de survol est couramment appelée azimut, et la direction perpendiculaire au déplacement est couramment appelée élévation, ou encore distance. Une largeur de fauchée d'autant plus grande permet de réduire le nombre de passages de l'engin au dessus de la zone géographique, nécessaires pour couvrir entièrement celle-ci 20 par des fauchées adjacentes entre elles.

Pour augmenter la largeur de fauchée, certains dispositifs de détection connus permettent de varier l'élévation de la direction de détection entre plusieurs valeurs déterminées. Chaque direction de détection ainsi adoptée 25 correspond à une bande au sol secondaire, située à l'intérieur de la fauchée et appelée sous-fauchée. La largeur de la fauchée correspond alors à la somme des largeurs des sous-fauchées. Une largeur de fauchée supérieure peut ainsi être obtenue. A titre d'exemple, une largeur de fauchée supérieure à 400 kilomètres est réalisable en utilisant cinq sous-fauchées. Un mode de

- 2 -

fonctionnement d'un dispositif SAR qui permet un balayage à plusieurs sous-fauchées est appelé «ScanSar», pour « Scanning Synthesized Aperture Radar ».

Parmi les dispositifs de détection connus qui permettent une détection dans plusieurs directions, on peut citer les antennes à balayage électronique, aussi appelées «antennes actives». Une antenne active est constituée par une matrice de détecteurs et un système de commande relié à chacun des détecteurs. Le système de commande combine des signaux élémentaires de réception délivrés par tous les détecteurs en appliquant à chaque signal élémentaire un déphasage associé à la position du détecteur correspondant dans la matrice. L'ensemble des déphasages utilisés définit la direction de détection. Un principe identique est utilisé pour une matrice d'émetteurs de radar, afin d'obtenir une émission de rayonnement focalisée dans une direction déterminée. Les dispositifs à antennes actives présentent de très bonnes performances, mais leur complexité et leur coût constituent des inconvénients importants.

D'autres dispositifs de détection sont connus, qui incorporent un miroir parabolique et un détecteur placé au foyer de ce miroir. Ces dispositifs sont beaucoup plus simples, et par conséquent moins onéreux que les précédents. Dans un dispositif à miroir parabolique, la direction de détection est déterminée par l'orientation du miroir. Celle-ci peut être modifiée soit par un mouvement du miroir par rapport à l'engin à bord duquel le dispositif de détection est embarqué, soit par un mouvement de roulis de l'engin lui-même lors de son déplacement. Dans les deux cas, la direction de détection varie relativement lentement. De ce fait, un tel dispositif n'est pas adapté pour réaliser un balayage d'une zone géographique avec plusieurs sous-fauchées.

Il est aussi connu de placer une antenne active de dimensions réduites dans le focal d'un miroir parabolique, au niveau du foyer du miroir. Le fonctionnement et les caractéristiques d'un tel dispositif de détection hybride résultent d'une combinaison des fonctionnements et caractéristiques respectifs de l'antenne active et du miroir parabolique. En particulier, des déphasages sont encore introduits entre plusieurs détecteurs/émetteurs de l'antenne active

- 3 -

qui sont simultanément activés pour obtenir une direction de détection déterminée. Mais, de tels dispositifs hybrides sont encore complexes et onéreux.

Un but de la présente invention est de proposer un dispositif de détection simple et peu onéreux qui permet de balayer efficacement une zone géographique avec plusieurs sous-fauchées.

Pour cela, l'invention propose un dispositif de détection comprenant un miroir parabolique et plusieurs détecteurs de rayonnement placés dans un plan focal du miroir. Le plan focal est sensiblement perpendiculaire à un axe du miroir et contient un foyer de celui-ci. Les détecteurs sont positionnés avec des décalages respectifs selon une direction commune déterminée parallèle au plan focal. Le dispositif de détection comprend en outre un système de sélection relié à chacun des détecteurs, agencé pour sélectionner successivement un seul des détecteurs et pour transmettre un signal de réception issu du détecteur sélectionné. Les décalages respectifs des détecteurs dans le plan focal du miroir sont choisis de sorte qu'un diagramme de gain de réception dudit dispositif présente, entre deux maxima de gain successifs dans ledit diagramme et correspondant respectivement à l'un des détecteurs, un minimum de gain inférieur de moins de 3,0 dB à chacun desdits maxima de gain.

Dans un dispositif de détection selon l'invention, différentes directions de détection sont obtenues grâce à l'utilisation de plusieurs détecteurs en combinaison avec un miroir parabolique. Le rayonnement reçu selon chacune de ces directions est focalisé sur l'un des détecteurs par réflexion sur le miroir. Des changements de direction de détection sont obtenus au moyen du système de sélection des détecteurs. Des changements rapides de direction de détection peuvent ainsi être obtenus, notamment électroniquement, qui permettent de réaliser un balayage en élévation d'une zone géographique explorée. Grâce au choix des décalages adopté, le balayage obtenu comprend des sous-fauchées parallèles au déplacement du dispositif de détection qui sont juxtaposées deux à deux. Aucune bande sans détection ne sépare deux sous-fauchées adjacentes : une détection continue peut être effectuée sur

- 4 -

toute la largeur de la fauchée.

Il est précisé que le système de sélection d'un dispositif de détection selon l'invention peut être particulièrement simple, et donc peu onéreux. En effet, ce système de sélection est conçu pour qu'un seul des détecteurs situés 5 dans le plan focal du miroir soit activé à chaque instant. Les autres détecteurs sont alors désactivés. La direction de détection est donc uniquement fixée par la sélection du seul détecteur activé, sans introduire de déphasages entre des signaux de plusieurs détecteurs.

Un avantage d'un dispositif de détection selon l'invention résulte du 10 nombre réduit de détecteurs nécessaires. A titre d'exemple, un dispositif de détection selon l'invention peut comprendre quatre ou cinq détecteurs. Il en résulte une réduction importante du coût du dispositif de détection par rapport à une antenne active, ainsi qu'une diminution du poids du dispositif.

De façon préférée, les décalages respectifs des détecteurs dans le 15 plan focal du miroir sont choisis de sorte que le minimum de gain, situé entre deux maxima de gain successifs dans ledit diagramme et correspondant respectivement à l'un des détecteurs, est inférieur de moins de 1,5 dB à chacun desdits maxima de gain. Une sensibilité de détection presque uniforme est ainsi obtenue sur la largeur de la fauchée.

20 Eventuellement, les détecteurs peuvent être positionnés de façon alignée dans le plan focal du miroir parabolique. Un montage particulièrement simple des détecteurs dans le plan focal en résulte.

En outre, le système de sélection des détecteurs peut être simplifié, grâce au nombre réduit de détecteurs utilisés. Il peut être adapté pour 25 sélectionner les détecteurs de façon cyclique. Un balayage transversal (ou en élévation) périodique de la fauchée est ainsi obtenu, qui est réparti de façon équilibrée entre les sous-fauchées.

Le système de sélection peut aussi être adapté pour sélectionner les détecteurs selon un ordre croissant ou décroissant des décalages respectifs 30 des détecteurs dans le plan focal du miroir. Un balayage transversal (ou en élévation) progressif de la fauchée est ainsi obtenu, en passant successivement d'une sous-fauchée donnée à une sous-fauchée adjacente. Le

- 5 -

dispositif de détection est alors compatible avec des logiciels de reconstruction de la zone géographique explorée disponibles commercialement.

Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, le dispositif de détection est adapté pour fonctionner en radar. Pour cela, chaque détecteur est 5 adapté pour fonctionner en émission ou en réception de rayonnement. Un tel détecteur est alors couramment appelé source. Le système de sélection est alors agencé pour transmettre en outre un signal d'émission au détecteur sélectionné. Plus particulièrement, le dispositif de détection peut être spécifiquement adapté pour fonctionner en radar à synthèse d'ouverture.

10 Dans le cas d'un fonctionnement en radar, le système de sélection peut avoir la structure suivante, particulièrement simple. Il peut comprendre plusieurs branches reliées chacune à une entrée et à une sortie du système de sélection, chaque détecteur étant relié à l'une des branches. Chaque branche comprend des sélecteurs disposés à des nœuds de ladite branche. Chaque 15 sélecteur est agencé pour reproduire un signal d'émission destiné à l'un des détecteurs sur une sortie dudit sélecteur, sélectionnée en fonction d'un signal de sélection d'émission transmis sur une entrée de commande dudit sélecteur, puis pour reproduire un signal de réception issu dudit détecteur et transmis sur une entrée dudit sélecteur, sélectionnée en fonction d'un signal de sélection de 20 réception transmis sur l'entrée de commande dudit sélecteur.

L'invention concerne aussi une utilisation d'un dispositif de détection tel que décrit précédemment à bord d'un engin de survol d'une zone géographique dans laquelle la détection est opérée. La sélection des détecteurs forme alors un balayage complet d'une fauchée de ladite zone en 25 combinaison avec le déplacement de l'engin de survol. On entend par balayage complet d'une fauchée un balayage dans lequel les champs au sol couverts successivement pour une même direction de détection, c'est-à-dire les champs successifs appartenant à une même sous-fauchée, sont jointifs ou se recouvrent entre eux selon la direction d'azimut. Une sous-fauchée est alors 30 complètement couverte lors d'un passage unique de l'engin de survol. De préférence, le dispositif de détection est orienté de sorte que la direction de décalage des détecteurs dans le plan focal du miroir parabolique est

- 6 -

sensiblement perpendiculaire à la direction d'azimut. Une largeur de fauchée maximale est ainsi obtenue.

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après de deux exemples de réalisation non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma en perspective d'un dispositif de détection selon l'invention ;
- la figure 2 illustre un exemple de disposition des détecteurs pour un dispositif de détection selon la figure 1, comprenant quatre détecteurs ;
- 10 - la figure 3 est un diagramme fonctionnel d'un système de sélection de détecteurs pouvant être utilisé dans un dispositif de détection selon les figures 1 et 2 ;
- la figure 4 correspond à la figure 2 pour un dispositif de détection selon l'invention comprenant cinq détecteurs ;
- 15 - la figure 5 est un diagramme fonctionnel d'un système de sélection de détecteurs pouvant être utilisé dans un dispositif de détection selon la figure 4 ;
- la figure 6 illustre le principe de la sélection d'un détecteur selon l'invention ;
- 20 - la figure 7 illustre une utilisation d'un dispositif de détection selon les figures 1 à 3 ; et
- les figures 8a et 8b sont deux diagrammes de gain pour un dispositif de détection selon les figures 1 à 3, correspondant à l'utilisation de la figure 7.

25 Pour raison de clarté, les dimensions des éléments représentés sur les figures 1, 2 et 4 ne sont pas en relation avec des dimensions réelles. En outre des références identiques utilisées sur plusieurs figures désignent des éléments identiques.

30 L'invention est maintenant décrite en détail dans le cadre d'un radar à synthèse d'ouverture (SAR).

- 7 -

Conformément à la figure 1, le miroir parabolique 1 correspond à une partie d'une paraboloïde de révolution référencée P, d'axe Z'-Z et de foyer O. Le miroir 1 correspond à une forme sensiblement elliptique, inscrite dans la surface de la paraboloïde P. La distance entre l'axe Z'-Z et le point A1 de la périphérie du miroir 1 le plus proche de cet axe est appelé diamètre de garde (ou «clearance» en anglais). Il est noté C. D est le diamètre projeté du miroir 1 entre le point A1 et le point A2 de la périphérie du miroir 1 opposé à A1. A titre d'exemple, C peut être égal à 20 centimètres et D peut être égal à 1 mètre. Le miroir 1 est constitué d'un matériau ayant une conductivité électrique élevée, 10 tel que l'aluminium, par exemple.

Selon les lois géométriques connues, un rayonnement R0 entrant dans la paraboloïde P parallèlement à l'axe Z'-Z est réfléchi sur la face interne de celle-ci et converge au foyer O. La distance F entre le foyer O et le sommet S de la paraboloïde P est appelée distance focale du miroir 1. Elle peut être 15 égale à 50 centimètres, par exemple.

Le plan focal du miroir 1 est le plan perpendiculaire à l'axe Z'-Z qui contient le foyer O. Un point dans le plan focal est repéré par ses coordonnées cartésiennes selon deux axes notés X'-X et Y'-Y. Les axes X'-X et Y'-Y sont perpendiculaires entre eux et se coupent au foyer O.

20 Le dispositif de détection comprend plusieurs détecteurs, faisant aussi office de sources de rayonnement dans le cas d'un radar tel que considéré pour cette description. Il peut comprendre par exemple quatre sources, référencées 2-5 sur la figure 1. Les sources 2-5 sont de préférence identiques entre elles. Elles peuvent être d'un type connu de l'Homme du métier. Chaque 25 source 2-5 comprend une cellule d'émission-détection de rayonnement et un cornet tronconique, ou collecteur. Chaque cornet possède une section déterminée, par exemple rectangulaire. Le cornet permet une adaptation d'impédance entre la cellule et l'extérieur de la source.

La figure 2 est une vue des sources 2-5 dans le plan focal du miroir 1.  
30 Pour le modèle des sources considéré ici, chaque source présente une section rectangulaire dans ce plan. La longueur d'onde du rayonnement est 31 millimètres, et correspond à une fréquence de 10 GigaHertz. Les

- 8 -

dimensions externes de la section d'une source dans le plan focal du miroir 1 peuvent être, à titre d'exemple, 35 millimètres x 110 millimètres. Les sources 2-5 sont disposées parallèlement les unes aux autres : leur direction principale d'émission-réception est orientée sensiblement vers le centre du miroir 1. Le 5 petit côté de la section de chaque source 2-5 dans le plan focal est parallèle à l'axe X'-X et le grand côté de la section de chaque source 2-5 dans le plan focal est parallèle à l'axe Y'-Y.

Les sources 2-5 sont disposées dans le plan focal du miroir 1 de façon à être contiguës deux à deux, deux sources contiguës étant en contact selon 10 une partie d'un de leurs grands côtés respectifs. Alternativemement, elles peuvent être disposées avec un intervalle de séparation selon l'axe X'-X entre deux sources voisines.

Les sources 2-5 sont en outre décalées les unes par rapport aux autres parallèlement à l'axe Y'-Y, selon des décalages respectifs notés d2-d5 sur la 15 figure 2. Chaque source 2-5 possède un centre de référence, respectivement noté C2-C5, qui est le foyer de la cellule de cette source. Les foyers C2-C5 sont situés dans le plan focal du miroir 1. Les décalages d2-d5 sont respectivement repérés par rapport aux foyers C2-C5, à partir de l'axe X'-X. De façon facultative, l'une des sources (la source 4 sur la figure 2) est centrée par 20 rapport au foyer O du miroir 1 : le décalage correspondant est nul.

D'après les lois optiques de réflexion sur la surface interne du miroir parabolique 1, chacune des sources 2-5 est alors associée à une direction de détection déterminée par la valeur du décalage de cette source dans le plan focal. Plus précisément, le foyer Ci, pour i=2-5, est le centre de convergence 25 d'un rayonnement Ri entrant dans le miroir 1 selon la direction de détection de la source i (voir figure 1). Dans le vocabulaire de l'Homme du métier, la direction de détection du rayonnement Ri est conjuguée avec le foyer Ci de la source i.

A titre d'exemple de disposition des sources dans le plan focal du 30 miroir 1, conformément à la figure 2, les foyers C2-C5 sont alignés selon une direction oblique par rapport aux deux axes X'-X et Y'-Y.

Une sélection successive de chacune des sources 2-5 permet d'obtenir

- 9 -

un balayage de la direction de détection du dispositif. Ce balayage de la direction de détection possède une composante parallèle à l'axe Y'-Y. Il est constitué de sauts discrets correspondant aux différences entre les décalages des sources successivement sélectionnées.

5        La sélection de chacune des sources 2-5 peut être effectuée au moyen d'un système de sélection correspondant au diagramme de la figure 3.

Un tel système de sélection 100 comprend deux branches, ou voies, référencées V1 et V2. Les voies V1 et V2 sont disposées en parallèle entre un sélecteur d'entrée 101 et un sélecteur de sortie 107. Une entrée du sélecteur 101 est reliée à une entrée générale de signaux 110 par un amplificateur à haute puissance 112, noté HPA. Le sélecteur 101 possède deux sorties connectées respectivement aux entrées des voies V1 et V2. Un signal reçu en entrée par le sélecteur 101 est reproduit sur l'une ou l'autre de ses deux sorties en fonction d'un signal de sélection appliqué sur une entrée de commande dédiée du sélecteur 101. Une sortie du sélecteur 107 est reliée à une sortie générale de signaux 111 par un limiteur de signal 113 et par un amplificateur à bas bruit 114, noté LNA. Le sélecteur 107 possède deux entrées connectées respectivement aux sorties des voies V1 et V2. Un signal reçu par le sélecteur 107 sur l'une ou l'autre de ses deux entrées est reproduit sur la sortie unique du sélecteur 107 en fonction d'un signal de sélection appliqué sur une entrée de commande dédiée du sélecteur 107.

Chacune des sources 2-5 est reliée à l'une ou l'autre des voies V1 ou V2 par un sélecteur respectif 102-105. Chaque sélecteur 102-105 possède une entrée et une sortie connectées à la voie V1 ou V2 correspondante, et une connexion à double sens, ou entrée/sortie, reliée à la source correspondante. Chacun des sélecteurs 102-105 possède trois états sélectionnés en fonction d'un signal de sélection appliqué sur une entrée de commande dédiée de ce sélecteur. Dans un premier état, le sélecteur reproduit directement sur sa sortie un signal reçu sur son entrée. Les deux autres états concernent la connexion à double sens de ce sélecteur : dans le deuxième état le sélecteur reproduit sur sa connexion à double sens un signal reçu sur son entrée, et dans le troisième état le sélecteur reproduit sur sa sortie un signal reçu sur sa connexion à

- 10 -

double sens. La connexion à double sens a donc une fonction de sortie du sélecteur dans le deuxième état, et une fonction d'entrée du sélecteur dans le troisième état.

Les signaux de commande des sélecteurs 101-105 et 107 sont  
5 produits par une unité de contrôle 120 du système 100, notée CTRL. L'unité 120 est reliée aux entrées de commande respectives des sélecteurs par des liaisons de commande dédiées. L'unité 120 est programmée pour adresser simultanément à l'ensemble des sélecteurs 101-105 et 107 des signaux de commande appropriés. Ainsi, des signaux d'émission sont successivement  
10 transmis à chacune des sources 2-5 à partir de l'amplificateur 112, et des signaux de réception issus de chacune des sources 2-5 sont successivement transmis au limiteur 113.

A titre d'exemple, lors d'une détection effectuée au moyen de la source 2, le sélecteur 102 est d'abord commandé pour être dans son deuxième état, et  
15 le sélecteur 101 est simultanément commandé pour reproduire sur sa sortie reliée à la voie V1 le signal reçu sur son entrée. Un signal d'émission amplifiée par l'amplificateur 112 est ainsi transmis à la source 2.

Un signal de réception, associé au signal d'émission précédent lors du fonctionnement en radar, et issu de la source 2 est ensuite transmis au limiteur  
20 113 de la façon suivante : le sélecteur 102 est commandé pour être dans son troisième état et le sélecteur 103 est commandé pour être dans son premier état. Simultanément, le sélecteur 107 est commandé pour reproduire sur sa sortie le signal reçu sur son entrée reliée à la voie V1.

L'unité de contrôle 120 est programmée pour répéter périodiquement  
25 les signaux de commande afin que des signaux de réception issus de chacune des sources 2-5 soient successivement et cycliquement transmis au limiteur 113, à l'amplificateur 114 et à la sortie 111 du système 100.

Chacun des sélecteurs 102-105 provoque une absorption d'un signal qu'il transmet. Pour un système de sélection 100 conforme à la figure 3, un  
30 signal de réception issu des sources 2 ou 4 subit une absorption par un sélecteur supplémentaire par rapport à un signal de réception issu des sources 3 ou 5. Une telle absorption supplémentaire peut être compensée, d'une façon

- 11 -

connue, par une adaptation du gain de l'amplificateur 114 commandée par l'unité 120.

D'une façon analogue, les signaux d'émission destinés à chacune des sources 2-5 subissent des absorptions différentes au sein du système de 5 sélection 100. Ces absorptions différentes peuvent être compensées par une adaptation appropriée du gain de l'amplificateur 112 commandée par l'unité de commande 120.

Les figures 4 et 5 correspondent respectivement aux figures 2 et 3, pour un dispositif de détection tel que précédemment décrit, mais incorporant 10 cinq sources.

Conformément à la figure 4, une cinquième source, référencée 6, est ajoutée dans le plan focal du miroir 1, dans le prolongement de l'alignement des sources 2-5 tel qu'illustré à la figure 2. La source 6 est contiguë avec la 15 source 5. Le foyer C6 de la source 6 est situé à la distance d6 de l'axe X'-X : d6 est le décalage de la source 6 dans le plan focal du miroir 1.

Le système de sélection 100 comprend un sélecteur supplémentaire, identique aux sélecteurs 102-105 et référencé 106 (figure 5). Le sélecteur 106 est connecté à la source 6 par sa connexion à double sens, et est connecté en entrée et en sortie respectivement aux connecteurs 104 et 105. Le sélecteur 20 106 peut alternativement être connecté à un autre endroit des voies V1 ou V2. La programmation de l'unité de commande 120 est alors adaptée pour prendre en compte la source 6 supplémentaire.

Par itération d'un tel ajout de source, il est entendu que le principe de l'invention peut être appliqué à un nombre quelconque de sources placées 25 dans le plan focal du miroir 1. Le système de sélection 100 doit alors être adapté en conséquence, en suivant un principe analogue à celui de l'adaptation qui vient d'être décrite pour cinq sources.

La figure 6 illustre le principe de sélection d'une source unique pour déterminer la direction de détection du dispositif, dans le cas d'un nombre 30 quelconque de sources disposées dans le plan focal du miroir 1. La situation représentée correspond à la sélection de la source 2 à un instant donné, qui est alors activée (flèche intermédiaire en trait plein), alors que les autres

- 12 -

sources 3-5,... ne sont pas activées à cet instant (flèches intermédiaires en traits discontinus).

Une utilisation d'un radar à quatre sources conforme à l'invention est maintenant décrite, qui illustre la mise en œuvre d'un mode de détection du 5 type ScanSar.

Le dispositif de détection est installé à bord d'un satellite 10 d'observation terrestre (figure 7). Le satellite 10 se déplace avec une composante de vitesse V parallèle à la surface de la terre. La direction d'azimut, parallèle à la composante de vitesse V, est indiquée sur la figure 7.

10 La direction de détection, orientée du satellite 10 vers le sol, est repérée de façon usuelle par l'angle d'élévation, perpendiculairement à la direction d'azimut. La trace au sol résultant d'une variation de l'angle d'élévation est aussi indiquée sur la figure 7.

15 Le satellite 10 est orienté de sorte que l'axe Z'-Z du dispositif de détection est sensiblement dirigé en direction de la surface de la terre. Il est en outre orienté de sorte que l'axe X'-X du dispositif de détection est parallèle à la direction d'azimut. L'axe Y'-Y de décalage des sources 2-5 dans le plan focal du miroir 1 est alors parallèle à la trace au sol d'une variation d'élévation. Eventuellement, l'orientation du dispositif de détection peut être ajustée par 20 rapport au satellite au moyen d'un système d'orientation approprié assurant la liaison entre le miroir 1 et le satellite 10.

25 Lorsque le satellite 10 se déplace, le dispositif de détection balaye une fauchée S1 parallèle à la direction d'azimut. L'utilisation d'un dispositif de détection de type SAR permet d'obtenir, d'une façon connue, une résolution effective élevée selon la direction d'azimut.

La sélection de chacune des sources 2-5 définit des sous-fauchées juxtaposées et référencées S2-S5, dont la réunion constitue la fauchée S1. Les sous-fauchées S2-S5 correspondent respectivement aux sources 2-5 disposées dans le plan focal du miroir 1. La distance entre des lignes centrales 30 de deux sous-fauchées contiguës est déterminée par la différence entre les décalages des sources correspondantes dans le plan focal du miroir 1.

- 13 -

Un balayage B de la fauchée S1 en zig-zag est obtenu par une succession de poses de détection dans chacune des sous-fauchées S2-S5. Chaque pose correspond à la sélection de l'une des sources 2-5. Lorsque l'unité de commande 120 du système de détection 100 sélectionne les sources 5 selon une fréquence suffisamment élevée par rapport à la composante de vitesse V du satellite, une couverture complète de la fauchée S1 est obtenue.

La figure 8a est un diagramme plus exact du champ au sol correspondant à des poses successives opérées lors du balayage B. Les axes du diagramme de la figure 8a correspondent respectivement aux distances au sol selon la direction d'élévation (axe d'abscisses) et la direction d'azimut (axe d'ordonnées). Chaque champ est elliptique, et présente des dimensions qui dépendent de la forme du miroir 1 et de l'orientation du miroir 1 par rapport à un plan horizontal parallèle à la surface du sol. Les champs au sol sont chacun limités par des enveloppes concentriques correspondant à des valeurs de gain 10 constantes, respectivement de -1 dB, -3 dB et -5 dB par rapport au maximum de gain de réception atteint au centre de chaque champ. Sur la figure 8a, 15 chaque champ est repéré en fonction de la sous-fauchée S2-S5 à laquelle il appartient.

Le diagramme de la figure 8b représente les variations du gain de réception selon la direction d'élévation. Il est montré en correspondance avec le diagramme de la figure 8a. L'axe d'abscisses de la figure 8b est une projection du plan de la figure 8a parallèlement à la direction d'azimut. La forme de la courbe de gain correspond à des sections de chacun des champs elliptiques de la figure 8a. D'après les figures 8a et 8b, la largeur L de la fauchée S1 est environ 40 kilomètres et la largeur de chacune des sous-fauchées S2-S5 est environ 10 kilomètres.

Grâce aux décalages respectifs adoptés pour les sources 2-5 dans le plan focal du miroir 1, selon l'axe Y'-Y, le diagramme de gain de réception de la figure 8b présente, entre deux maxima successifs correspondant 30 respectivement à l'une des sources, un minimum de gain inférieur de 1,0 dB environ à chacun desdits maxima. La fauchée S1 est alors couverte selon la direction d'élévation avec une sensibilité de détection quasi uniforme : les

- 14 -

différentes sous-fauchées sont contiguës, et aucune "bande morte" de détection n'existe entre elles. L'exploration de la zone géographique est alors optimale selon la direction d'élévation.

Cet exemple d'utilisation montre l'intérêt d'un dispositif de détection 5 selon l'invention pour effectuer une exploration rapide d'une zone géographique avec un nombre minimum de passages de l'engin de survol au dessus de cette zone. Il est entendu que de nombreuses modifications du dispositif de détection peuvent être introduites par rapport aux modes de réalisation décrits. De telles modifications restent comprises dans le cadre de 10 l'invention, dans la mesure où plusieurs détecteurs sont placés dans le plan focal d'un miroir parabolique unique, de façon à couvrir des sous-fauchées juxtaposées d'une façon continue en élévation

## RE V E N D I C A T I O N S

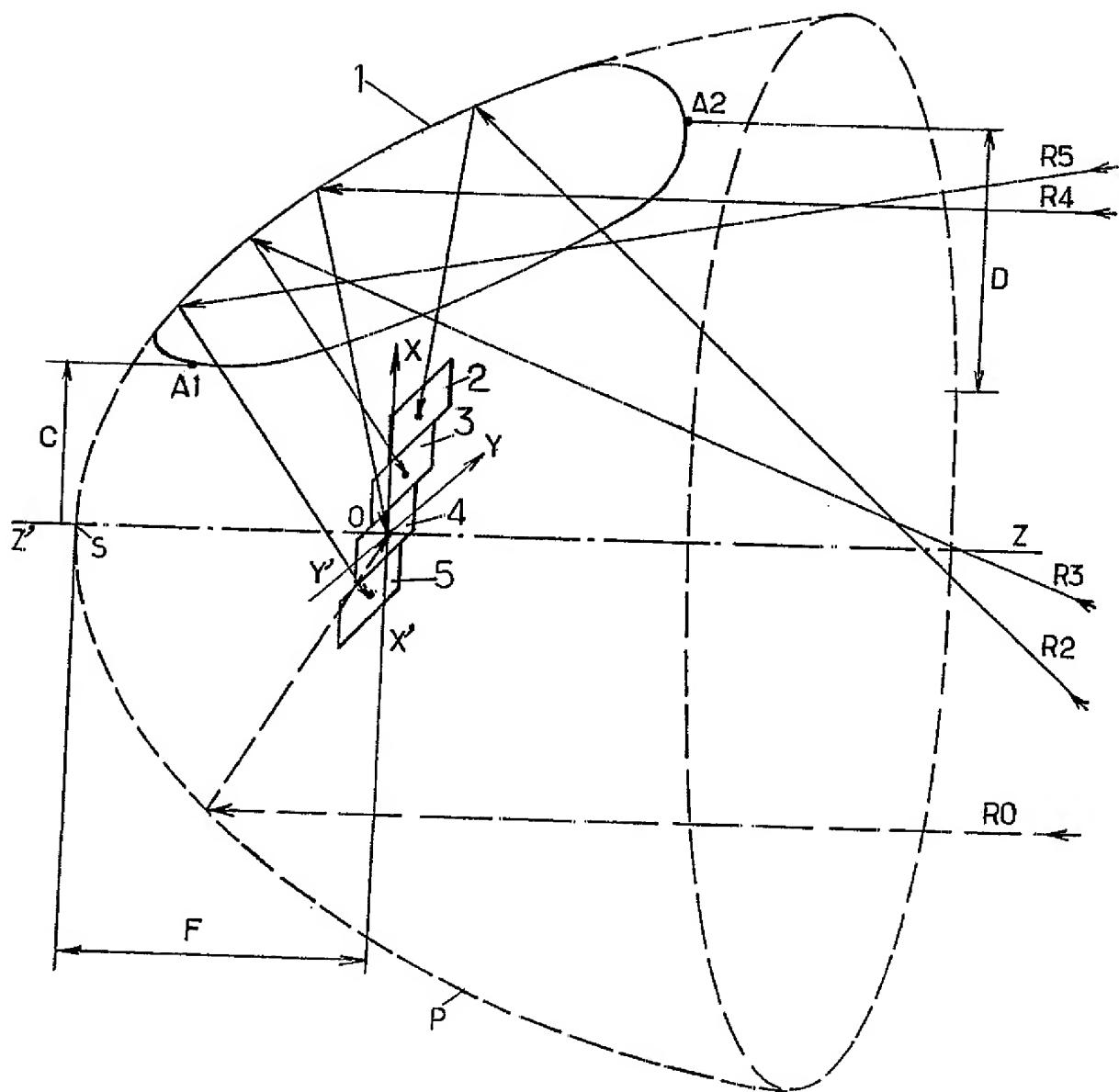
1. Dispositif de détection comprenant un miroir parabolique (1) et plusieurs détecteurs de rayonnement (2-5) placés dans un plan focal dudit miroir, ledit plan focal étant sensiblement perpendiculaire à un axe du miroir (Z'-Z) et contenant un foyer (O) du miroir, les détecteurs étant positionnés avec des décalages respectifs (d2-d5) selon une direction commune déterminée (Y'-Y) parallèle au plan focal du miroir, le dispositif de détection comprenant en outre un système de sélection (100) relié à chacun des détecteurs (2-5), agencé pour sélectionner successivement un seul des détecteurs et pour transmettre un signal de réception (S2-S5) issu du détecteur sélectionné,  
5 les décalages respectifs des détecteurs (d2-d5) dans le plan focal du miroir (1) étant choisis de sorte qu'un diagramme de gain de réception dudit dispositif présente, entre deux maxima de gain successifs dans ledit diagramme et correspondant respectivement à l'un des détecteurs, un minimum de gain inférieur de moins de 3,0 dB à chacun desdits maxima de gain.  
10
2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel les décalages respectifs des détecteurs (d2-d5) dans le plan focal du miroir (1) sont choisis de sorte que le minimum de gain, situé entre deux maxima de gain successifs dans ledit diagramme et correspondant respectivement à l'un des détecteurs, est inférieur de moins de 1,5 dB à chacun desdits maxima de gain.  
15
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, comprenant quatre ou cinq détecteurs (2-6).
4. Dispositif de détection selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les détecteurs (2-6) sont disposés de façon alignée dans le plan focal du miroir (1).  
20
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le système de sélection (100) est adapté pour sélectionner les détecteurs (2-6) d'une façon cyclique.

- 16 -

6. Dispositif selon la revendication 5, dans lequel le système de sélection (100) est adapté en outre pour sélectionner les détecteurs selon un ordre croissant ou décroissant des décalages (d2-d6) respectifs des détecteurs (2-6).
- 5 7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, adapté pour fonctionner en radar, chaque détecteur (2-6) étant adapté pour fonctionner en émission ou en réception de rayonnement, et le système de sélection (100) étant agencé pour transmettre en outre un signal d'émission au détecteur sélectionné.
- 10 8. Dispositif selon la revendication 7, adapté pour fonctionner en radar à synthèse d'ouverture.
9. Dispositif selon la revendication 7 ou 8, dans lequel le système de sélection (100) comprend plusieurs branches (V1, V2) reliées chacune à une entrée (110) et à une sortie (111) du système de sélection, chaque détecteur 15 (2-6) étant relié à l'une des branches, dans lequel chaque branche comprend des sélecteurs (101-107) disposés à des nœuds de ladite branche, chaque sélecteur étant agencé pour reproduire un signal d'émission destiné à l'un des détecteurs (2-6) sur une sortie dudit sélecteur sélectionnée en fonction d'un signal de sélection d'émission transmis sur une entrée de commande dudit sélecteur, puis pour reproduire un signal de réception issu dudit détecteur (2-6) et transmis sur une entrée dudit sélecteur sélectionnée en fonction d'un signal 20 de sélection de réception transmis sur l'entrée de commande dudit sélecteur.
10. Utilisation d'un dispositif de détection selon l'une quelconque des revendications précédentes à bord d'un engin (10) de survol d'une zone géographique dans laquelle la détection est opérée.
- 25 11. Utilisation selon la revendication 10, suivant laquelle le dispositif de détection est orienté de sorte que la direction (Y'-Y) de décalage des détecteurs dans le plan focal du miroir parabolique est sensiblement perpendiculaire à une direction (X'-X) de déplacement de l'engin.

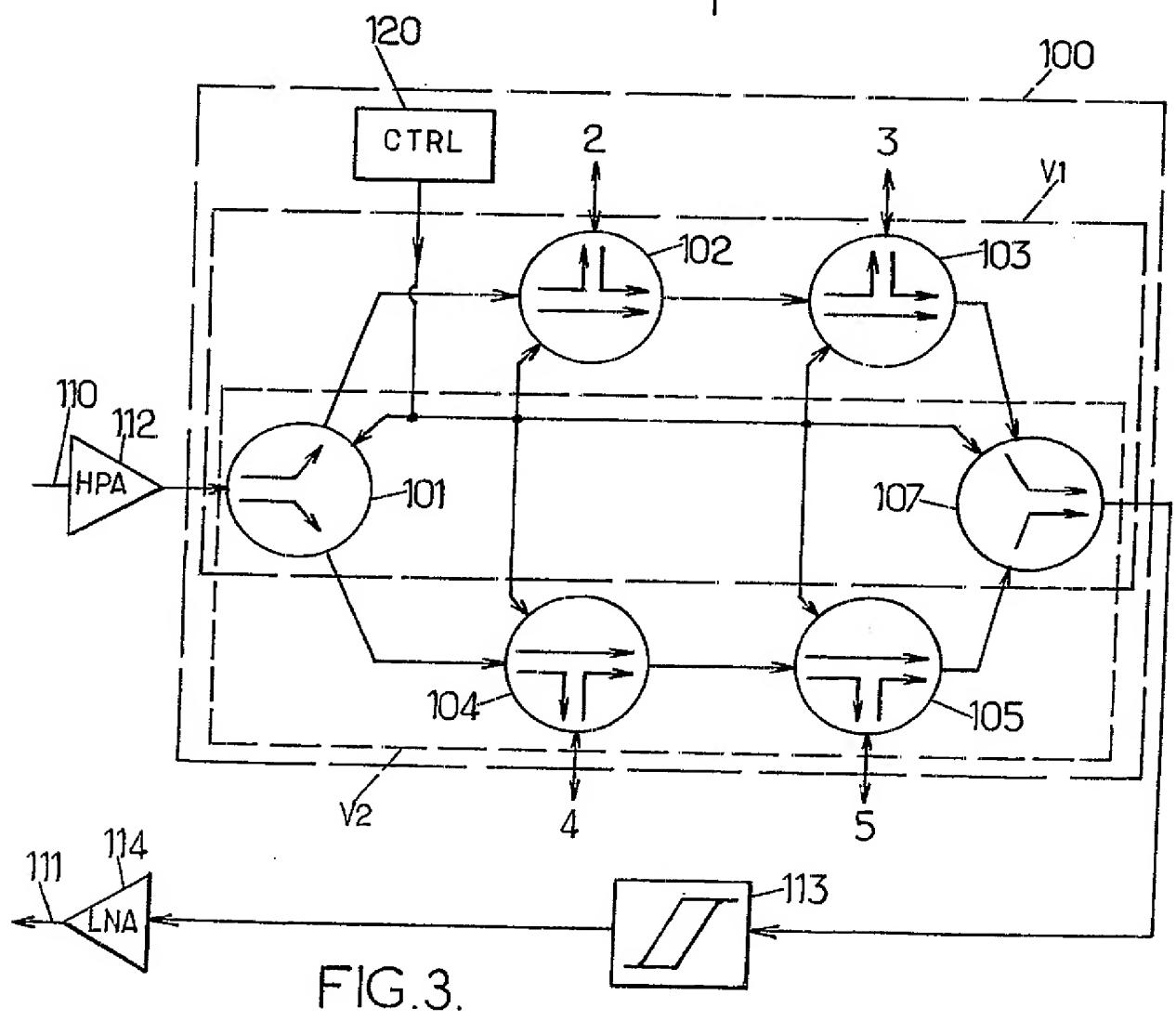
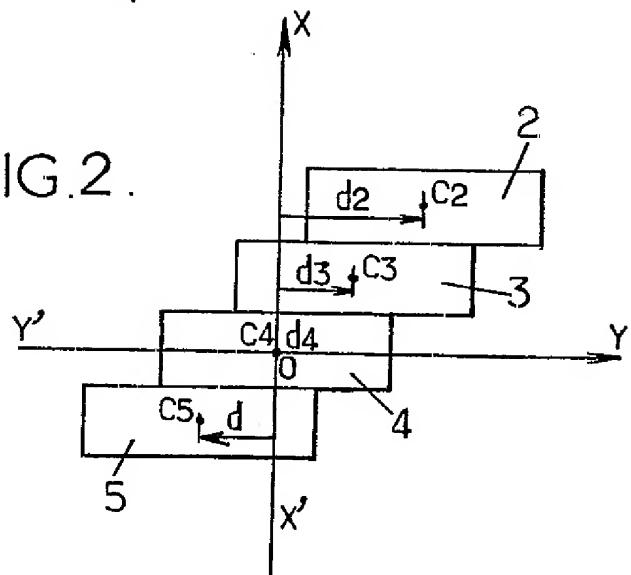
1/5

FIG.1.

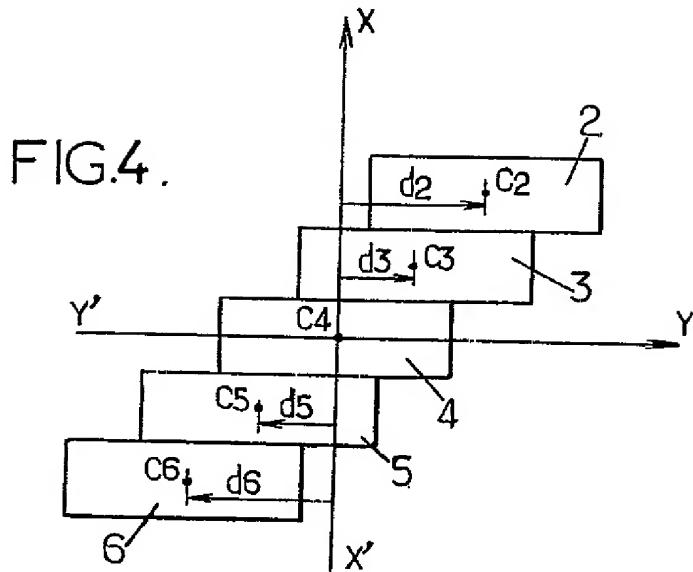
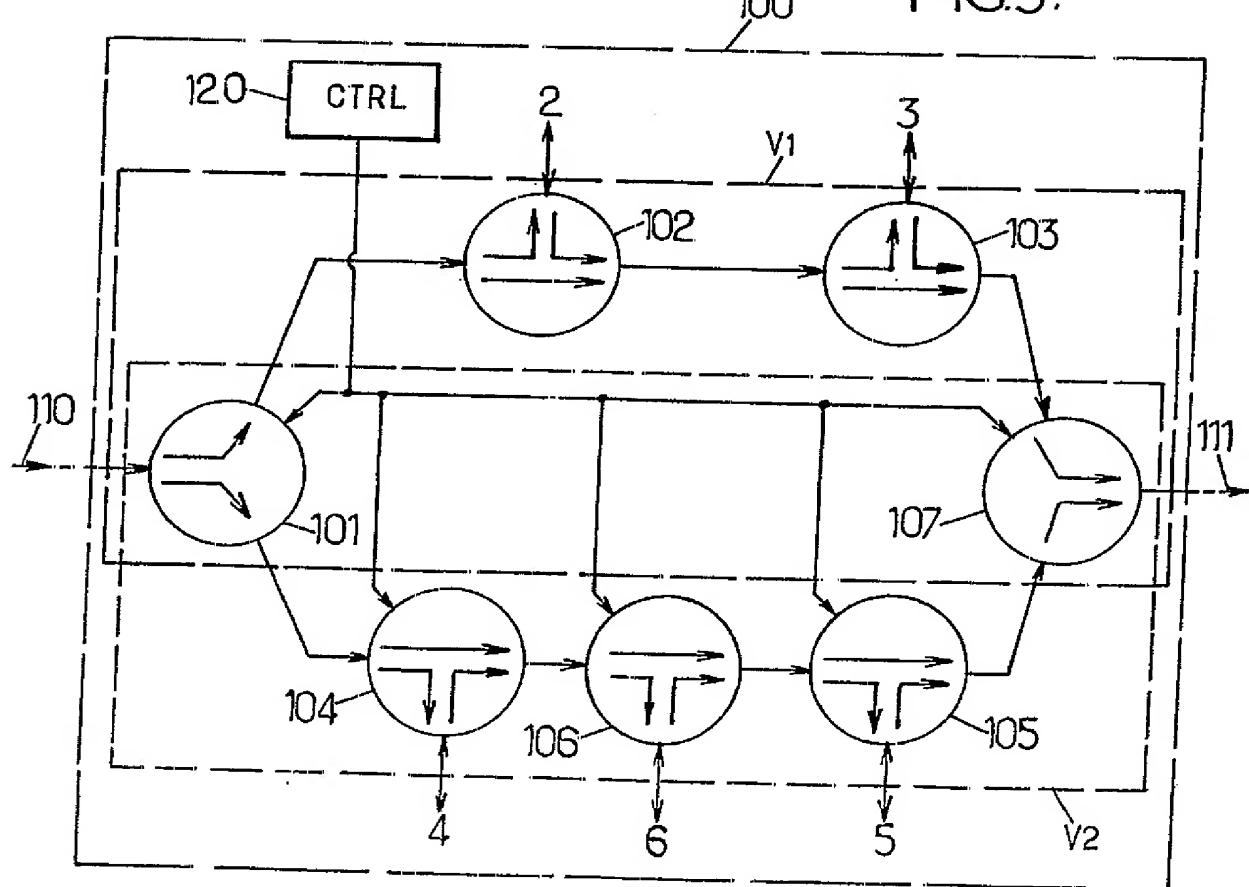


2/5

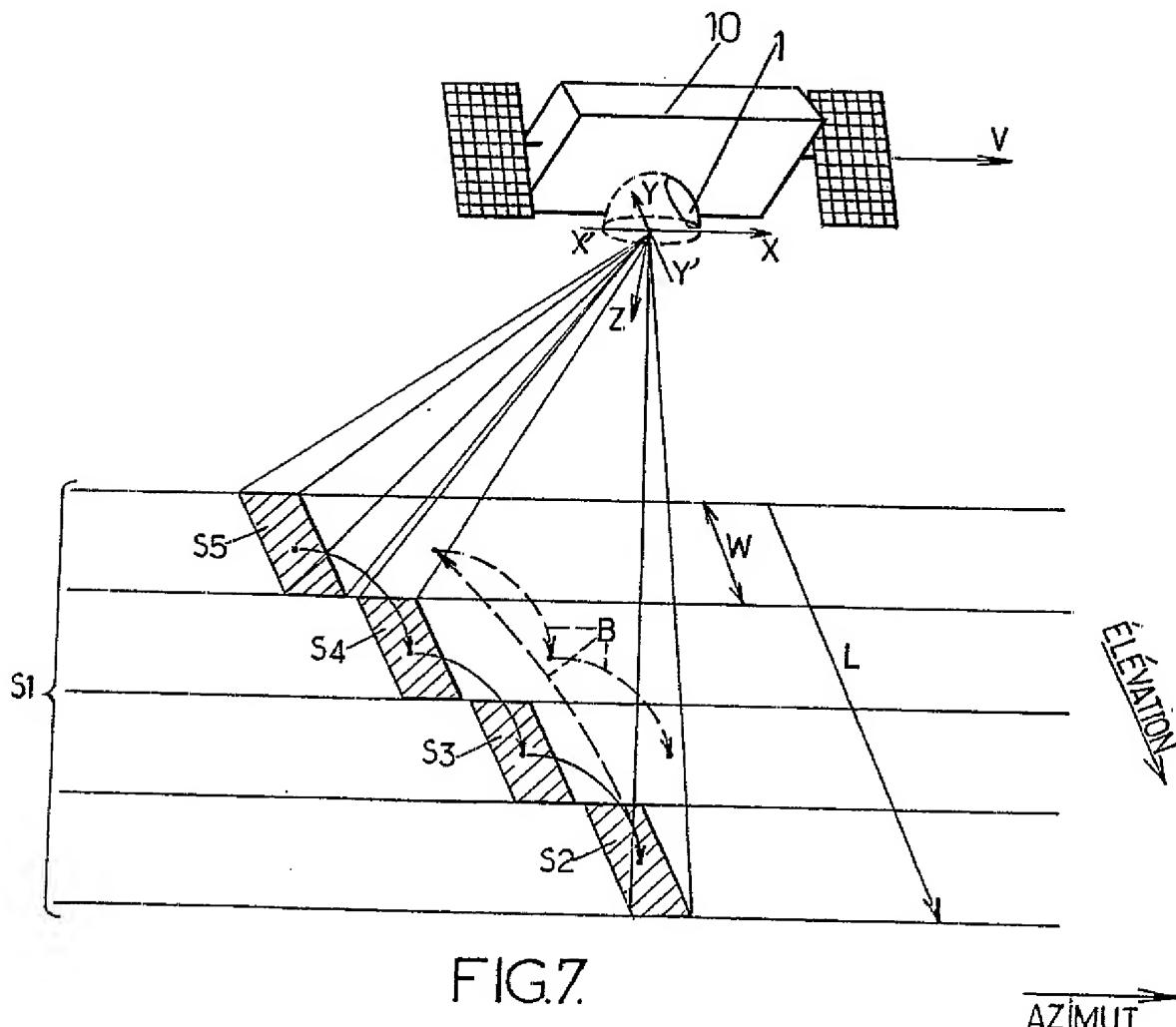
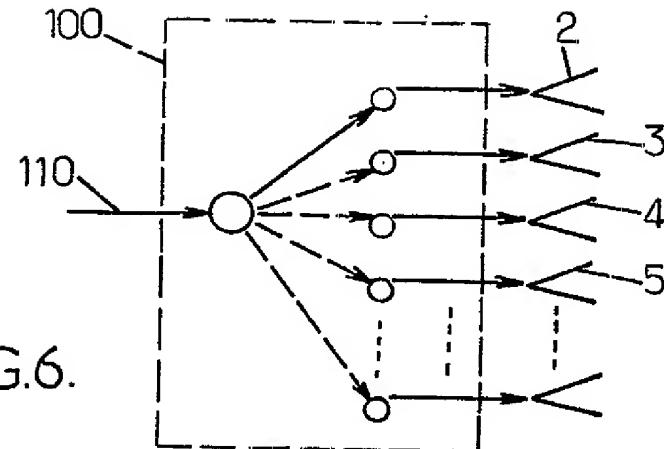
FIG.2.



3/5

**FIG.5.**

4/5



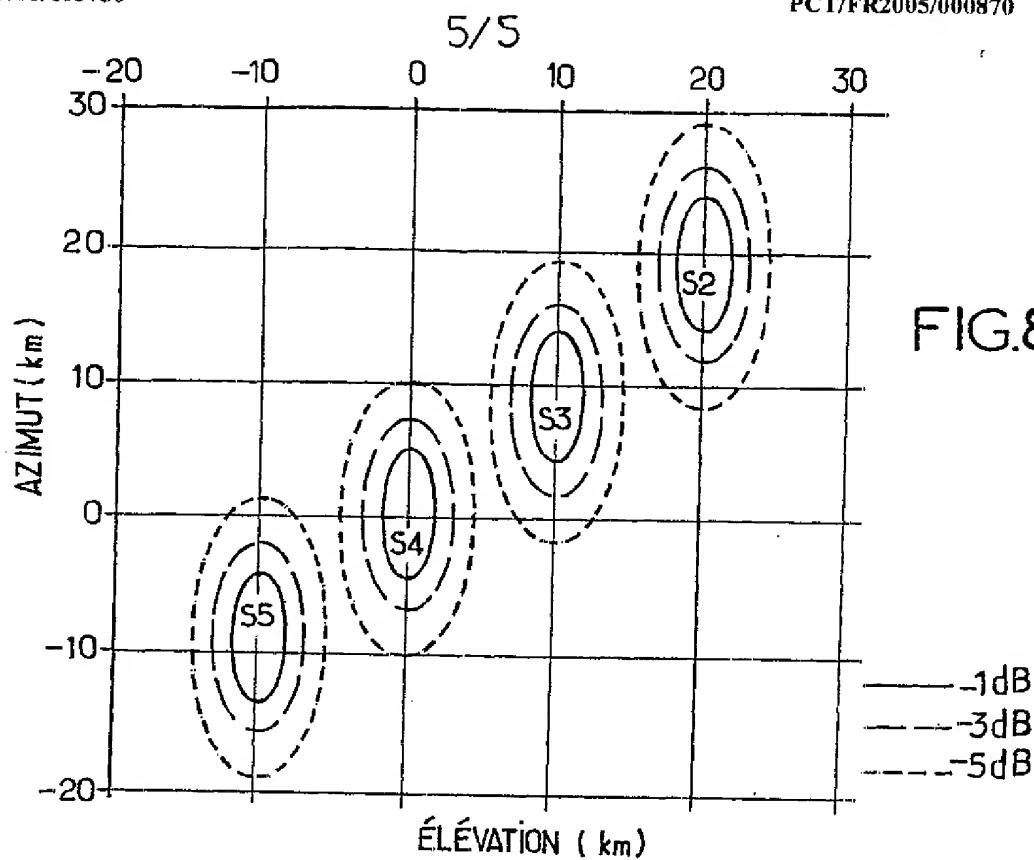


FIG.8a.

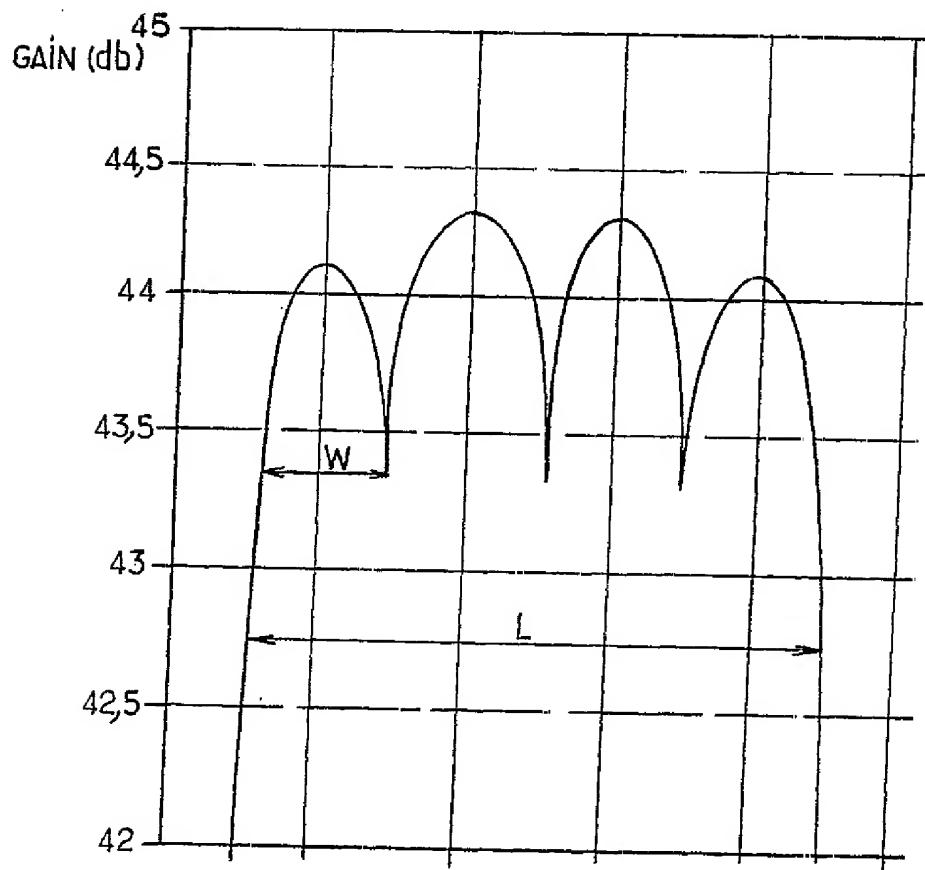


FIG.8b.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No

PCT/FR2005/000870

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 G01S13/90 H01Q25/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 G01S H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>MARTINS-CAMELO L ET AL: "Reflector antenna with switchable shaped beams for a space-based SAR"          AP-S INTERNATIONAL SYMPOSIUM 1985:          ANTENNAS AND PROPAGATION. SYMPOSIUM DIGEST          (CAT. NO.85CH2128-7) IEEE NEW YORK, NY,          USA, 1985, pages 145-148 vol.1,          XP002302913          the whole document          figures 1-3; table 1</p> <p>-----</p> <p>-/-</p>	1-11

Further documents are listed in the continuation of box C

Patent family members are listed in annex

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search	Date of mailing of the International search report
2 August 2005	12/08/2005
Name and mailing address of the ISA  European Patent Office, P B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Mercier, F

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte  
nal Application No  
PCT/FR2005/000870

C (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>ROTT H ET AL: "Snowsat - a Ku--band SAR mission for climate research and hydrology"</p> <p>IGARSS 2003. IEEE 2003 INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM. PROCEEDINGS. TOULOUSE, FRANCE, JULY 21 - 25, 2003, IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. VOL 7 OF 7, 21 July 2003 (2003-07-21), pages 1901-1903, XP010705224 ISBN: 0-7803-7929-2 page 1902, left-hand column, line 17 - page 1903, left-hand column, line 24; figure 1</p> <p>-----</p> <p>EP 0 638 956 A (ALCATEL ESPACE)</p> <p>15 February 1995 (1995-02-15)</p> <p>abstract; figures 1-5</p> <p>-----</p> <p>RANEY R K ET AL: "RADARSAT"</p> <p>PROCEEDINGS OF THE IEEE, IEEE, NEW YORK, US,</p> <p>vol. 79, no. 6, 1 June 1991 (1991-06-01), pages 839-849, XP000262357</p> <p>ISSN: 0018-9219</p> <p>page 846, left-hand column, lines 29-33; figures 4,6,8</p> <p>-----</p> <p>US 2002/008669 A1 (MUHLHAUSER NICHOLAS L ET AL) 24 January 2002 (2002-01-24)</p> <p>abstract; figures 14-16</p> <p>-----</p>	1
A		1
A		1
A		1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l	Application No
	PCT/FR2005/000870

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0638956	A 15-02-1995	FR DE DE EP	2709877 A1 69430556 D1 69430556 T2 0638956 A1	17-03-1995 13-06-2002 16-01-2003 15-02-1995
US 2002008669	A1 24-01-2002	AU WO	1485501 A 0135493 A1	06-06-2001 17-05-2001

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

International No  
PCT/FR2005/000870

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G01S13/90 H01Q25/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G01S H01Q

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no des revendications visées
X	MARTINS-CAMELO L ET AL: "Reflector antenna with switchable shaped beams for a space-based SAR" AP-S INTERNATIONAL SYMPOSIUM 1985: ANTENNAS AND PROPAGATION. SYMPOSIUM DIGEST (CAT. NO.85CH2128-7) IEEE NEW YORK, NY, USA, 1985, pages 145-148 vol.1, XP002302913 1e document en entier figures 1-3; tableau 1 ----- -/-	1-11

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  2 août 2005	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  12/08/2005
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P B 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé  Mercier, F

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/FR2005/000870  
PCT/FR2005/000870

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'Indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	ROTT H ET AL: "Snowsat - a Ku--band SAR mission for climate research and hydrology" IGARSS 2003. IEEE 2003 INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM. PROCEEDINGS. TOULOUSE, FRANCE, JULY 21 - 25, 2003, IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. VOL 7 OF 7, 21 juillet 2003 (2003-07-21), pages 1901-1903, XP010705224 ISBN: 0-7803-7929-2 page 1902, colonne de gauche, ligne 17 - page 1903, colonne de gauche, ligne 24; figure 1 ---- EP 0 638 956 A (ALCATEL ESPACE) 15 février 1995 (1995-02-15) abrégé; figures 1-5 ---- RANEY R K ET AL: "RADARSAT" PROCEEDINGS OF THE IEEE, IEEE. NEW YORK, US, vol. 79, no. 6, 1 juin 1991 (1991-06-01), pages 839-849, XP000262357 ISSN: 0018-9219 page 846, colonne de gauche, ligne 29-33; figures 4,6,8 ---- US 2002/008669 A1 (MUHLHAUSER NICHOLAS L ET AL) 24 janvier 2002 (2002-01-24) abrégé; figures 14-16 ----	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs à la famille de brevets

Date de dépôt internationale No.

PCT/FR2005/000870

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0638956	A	15-02-1995	FR DE DE EP	2709877 A1 69430556 D1 69430556 T2 0638956 A1	17-03-1995 13-06-2002 16-01-2003 15-02-1995
US 2002008669	A1	24-01-2002	AU WO	1485501 A 0135493 A1	06-06-2001 17-05-2001